

卓上立体方式レスポンスアナライザの評価実験

伊藤 学歩^{1,a)} 三浦 元喜^{2,b)}

概要: アクティブラーニングを促進させるため、AR マーカが印刷された紙を用いたレスポンスアナライザが研究されている。しかし、授業中に紙を掲げることは生徒にとって負担になると考えられる。そこで、我々は AR マーカが印刷された立体を生徒の前に置く卓上立体方式レスポンスアナライザを提案した。本論文では、紙を掲げる手持ちシート方式レスポンスアナライザと比較することによって、卓上立体方式の評価を行った。比較の結果、卓上立体方式は手持ちシート方式と比べ、回答が手軽であることを示すことができた。

Evaluation Experiment of Stationary Device-free Response Analyzer Systems

MANABU ITO^{1,a)} MOTOKI MIURA^{2,b)}

Abstract: To promote active learning, device-free response analyzer systems with papers printed AR marker have been developed. However, the action holding the paper in class to answer questions is a burden for students. So we proposed stationary response analyzer systems printed AR marker. In this paper, we evaluate stationary response analyzer systems by comparing with the systems holding AR marker sheets. As a result, we present that the stationary systems are easier to answer questions than the systems holding papers.

1. 背景

双方向型のアクティブな授業を展開するため、クリックツール、スマートフォンなどの電子デバイスを用いたレスポンスアナライザの研究が行われている [1]。レスポンスアナライザの特徴は教師が出題した問題に対しての生徒の回答を素早く集計できることである。しかし、電子デバイスを用いたレスポンスアナライザシステムには、問題点が2つある。1つ目はデバイス管理による教師への負担である。教師は授業の度に、電子デバイスの充電やそれらを貸し出し、回収するといった作業を要求される。2つ目は電子デバイスの購入のコストである。生徒の人数分の電子デバイスを購入する必要があるため、このシステムが授業

に導入されにくいと考えられる。

これらの問題を解決するため、紙を用いたレスポンスアナライザシステムが開発された [2][3]。このシステムの特徴は、生徒が紙に印刷された AR マーカを掲げることで、教師に問題の回答を伝えることができることである。掲げられた AR マーカを教室前方に設置されたカメラで認識し、AR マーカの向きやその識別 ID により生徒の回答と回答者を教師に提示する。教師はその正答率などの生徒の授業理解度を利用し、最適な授業展開を行うことができる。しかし、AR マーカを掲げるというジェスチャーは、生徒への負担が大きい。なぜなら、問題を出されるたびに生徒は AR マーカを掲げることを強制され、黒板の模写などの作業を中断しなくてはならないからである。

そこで我々は AR マーカを用いた卓上立体方式レスポンスアナライザを提案した。卓上立体方式レスポンスアナライザを使用することで、生徒は簡単に問題に回答できるだけでなく、授業理解度を手軽にかつ匿名性を持って教師に提示することができる。また、AR マーカにはランダム

¹ 九州工業大学 工学府 先端機能システム工学専攻
Department of Applied Science for Integrated System Engineering, Kyushu Institute of Technology

² 九州工業大学 基礎科学研究系
Faculty of Basic Sciences, Kyushu Institute of Technology

a) ito@ist.mns.kyutech.ac.jp

b) miuramo@mns.kyutech.ac.jp

ドットマーカ [4] を採用し、マーカに対する隠蔽に対応できるようにした。ランダムドットマーカを認識するカメラは教室全体を写すため、ランダムドットマーカの認識に不必要な領域が多数存在する。そこで、色情報を用いて不要領域を取り除き、認識速度の向上に成功した。

本論文では、卓上立体方式レスポンスアナライザと AR マーカを掲げる手持ちシート方式レスポンスアナライザを比較し、卓上立体方式レスポンスアナライザの評価を行った。両方式を用いて被験者に問題に回答してもらい、その後アンケートに答えてもらった。その結果を分析し、我々は各アンケート項目に有意差があるかを検証した。

2. 卓上立体方式レスポンスアナライザ

図 1 は背景に色をつけた卓上立体方式レスポンスアナライザを示している。特徴は立体であるため回答するために必要なマーカが自立することであり、各面にはそれぞれ選択肢を表す小さな数字が書かれている。生徒はこのマーカを机に置き、選択問題に対して回転という少しの動きで匿名性を確保しつつ回答することができる。

ランダムドットマーカの認識は、マーカが持つドットの中心のパターンを認識することで行われる。卓上立体方式に用いられるマーカの認識は、このランダムドットマーカの認識手法と色領域の抽出を組み合わせで行われる。まず、カメラからの入力画像を HSV 色空間に変換し、赤色領域を抽出する。この手順を踏むことにより、マーカ認識を阻害する不必要なドットを取り除くことができる。次に、赤色のマーカ領域の 2 値化を行い、ドットの中心を決定する。最後に、そのパターンと事前に登録しておいたパターンを照合することで、個々の識別 ID を特定する。

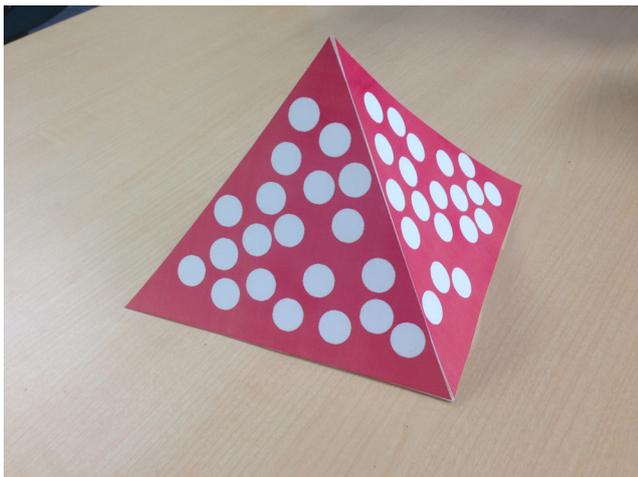


図 1 卓上立体方式レスポンスアナライザ

Fig. 1 The stationary response analyzer with AR markers

3. 評価実験

卓上立体方式レスポンスアナライザを評価するために、

手持ちシート方式レスポンスアナライザとの比較を行った。それぞれの方式を用いて、被験者に直感的に答えられるような簡単な問題に回答してもらった。その後、被験者にアンケートに答えてもらい、それぞれの方式間で有意差があるかを検証した。

3.1 実験環境

被験者は九州工業大学の学生 16 名である。マーカ認識距離に限界があるため、被験者 16 名を 4 名ずつの 4 グループに分け実験を行った。場所は九州工業大学の 3 つの教室であり、それぞれの教室で外からの光を遮断した。

卓上立体方式レスポンスアナライザは、第 2 節で述べたように赤色の背景を持った立体である。今回実験に用いた形状は正四角錐であり、側面 4 つに異なるマーカが印刷されている。側面の正三角形の一辺の長さは 20.0cm である。手持ちシート方式に用いた AR マーカシートは A4 用紙に印刷した (図 2)。卓上立体方式と同じ条件にするため、その AR マーカ部分は卓上立体方式と同じ面積の正三角形である。

マーカを認識するために用いたカメラは Microsoft Life-Cam Studio で、カメラの解像度は 640×480 である。マーカが認識できているかどうか被験者に知らせるため、カメラの映像をスクリーンに投影した。

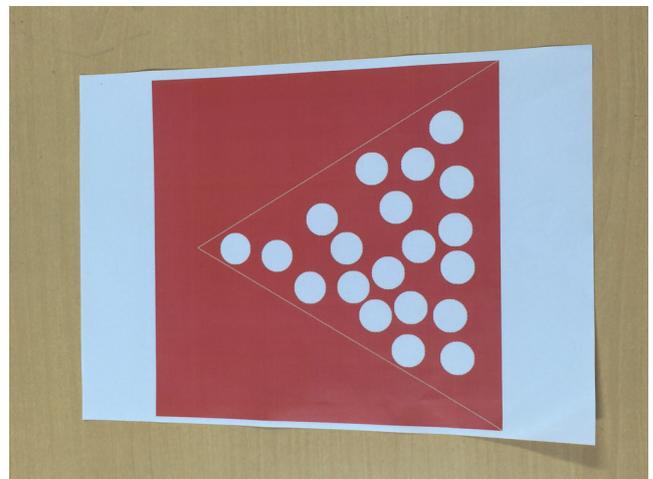


図 2 手持ちシート方式に用いた AR マーカ

Fig. 2 The AR marker utilized in the system holding marker sheets

3.2 実験の流れ

- (1) 1 つのレスポンスアナライザの回答方法を被験者に説明する。
- (2) 被験者に問題を提示し、レスポンスアナライザを用いて回答を行ってもらおう。問題は 1 問ずつ提示し、計 5 問出題する。自分のマーカが認識されていない場合、マーカの位置や角度を適宜変更してもらった。

(3) 使ったレスポンスアナライザについて、アンケートに答えてもらう。

上記の流れで、1つの方式について実験を行い、続けてもう一方の方式の実験を行った。4グループあるため、実験を行う方式の順番は交互に変更した。図3、図4は実際の実験の様子を示している。



図3 手持ちシート方式の実験の様子

Fig. 3 Experimental scene of the system holding AR marker sheets



図4 卓上立体方式の実験の様子

Fig. 4 Experimental scene of the stationary response analyzer system

3.3 アンケート項目

- 回答は手軽であったか
- 回答のための操作はわかりやすかったか
- 問題について思考しやすかったか
- 授業で使ってみたく感じたか
- 実際の授業で使ってみたく、使ってみたくないと思った理由はなにか (自由記述)

● その他 (自由記述)

被験者には上記の自由記述以外の項目について、5段階で評価を行ってもらった。

3.4 実験結果の分析

アンケートの結果は図5、図6のようになった。回答の結果に有意差があるかどうか判定するため、各アンケート項目に対してマン・ホイットニーのU検定を行った。有意水準5%におけるU検定の結果、「回答は手軽であったか」について有意差があった ($U = 76.0, p < 0.05$)。また、この項目において平均的に評価が高いのは卓上立体方式であり、卓上立体方式は手持ちシート方式より回答が手軽であったと結論づけられる。各アンケート項目におけるマン・ホイットニーのU検定の結果は、表1に示す。

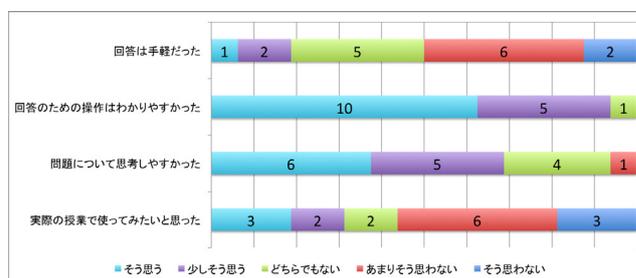


図5 手持ちシート方式のアンケート集計結果

Fig. 5 Questionnaire result of the system holding AR marker sheets

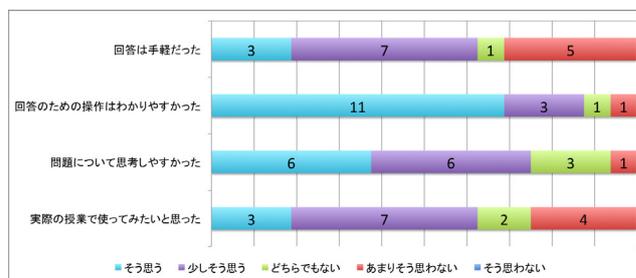


図6 卓上立体方式のアンケート集計結果

Fig. 6 Questionnaire result of the stationary response analyzer system

3.5 自由記述の分析

アンケートでは実際の授業で使ってみたく、または使ってみたくない理由について被験者に自由記述を求めた。

手持ちシート方式を実際の授業で使ってみたくと思った被験者は、「授業中に他のことをしなくなるから」、「体を動かさずので寝られないから」などと回答した。反対に手持ちシート方式を使ってみたくないと考えた被験者は、「手で持っているため疲れるから」、「紙を上げる角度によっては肩が痛くなるから」、「認識するまでに少し時間がかかるか

表 1 各アンケート項目における U 検定のマン・ホイットニーの U 検定の結果

Table 1 The result of U test against user questionnaire

アンケート項目	検定統計量 U	分散	検定統計量 Z	有意確率
回答は手軽であったか	76.0	654.19	2.033	0.0420
回答のための操作はわかりやすかったか	124.0	494.32	0.180	0.8572
問題について思考しやすかったか	123.5	631.35	0.179	0.8579
実際の授業で使って見たいと思ったか	84.5	660.90	1.692	0.0906

ら」などと回答した。

卓上立体方式を実際の授業で使ってみたいと思った被験者は、「授業への参加意欲が増すと思ったから」、「他の人に回答を見られにくいから」という意見や、「直感で答える問題以外なら卓上立体方式の方が問題について考えられると思う」というような手持ちシート方式と比較した意見もあった。反対に卓上立体方式を使ってみたくないと思った被験者は、「うまく認識してくれなかったから」、「認識されない時、卓上立体方式レスポンスアナライザを持って操作してしまうため、置く利点がないと感じたから」など、認識に何が合ったことについて言及していた。

その他の全体的な意見は、卓上立体方式レスポンスアナライザに対して、「直感的に答える問題の回答には向かないと思う」、「自分が回答している番号がわからない時がある」などがあった。また、両方式に関して、「マーカの認識率を上げた方がいい」、「すぐマーカが認識できれば使ってみよう」という意見があった。

3.6 考察

手持ちシート方式より卓上立体方式の方が回答が手軽であることに有意差が現れたのは、紙を掲げるという動作が生徒の負担になっているからであると考えられる。特にマーカが認識しない場合において、手持ちシート方式では被験者はマーカを空間的に動かして解決しなければならないが、卓上立体方式ではマーカの位置を少しずらしたり、角度を変えらるためマーカの片側を少し持ち上げたりすることで解決できることが大きな要因ではないかと考える。しかし、紙を掲げるという動作は生徒が授業中に寝ることを妨げるため、どちらの方式がより能動的な授業を提供できるかは、今後確認しなければならない。

また、我々は以下の2つのことを検討しなければならない。1つ目は、マーカの形状についてである。自由記述にあった通り、両方式においてマーカの認識が行われないことがあった。卓上立体方式レスポンスアナライザが認識されない原因は、形状が正四角錐であるためカメラから見て前方にある面だけでなく両隣の面がカメラに映ることがあったからであると考えられる。2つ目は、卓上立体方式を使う場面の想定である。今回、実験で出題した問題は直感的に答えることができるような簡単な問題であった。しかし、計算問題やゲーム形式の問題など少し被験者に考えさせる

問題と比較すると、アンケートの「問題について思考しやすかったか」という項目で有意差が表れるのではないかと考える。我々は卓上立体方式レスポンスアナライザが最大限活かされる授業環境を構築したいと考える。

4. まとめ

我々は授業中における卓上立体方式レスポンスアナライザの有用性を確認するため、手持ちシート方式レスポンスアナライザとの比較実験を行った。被験者に選択問題を出題し、それぞれの方式を用いて回答を行なってもらい、ユーザビリティに関するアンケートに答えてもらった。アンケートの結果から U 検定を行うことで、卓上立体方式は手持ちシート方式より回答の手軽さがあることを示すことができた。

今後の課題は、マーカの認識率の向上を行った上での卓上立体方式レスポンスアナライザのアクティブラーニングへの影響の確認である。AR マーカが認識されなかった場合、余計に生徒への負担が増えてしまう。マーカの形状と認識距離の関係を調べることで、タブレット端末でマーカ認識を行いマーカとカメラを近づけることによって認識率の向上に繋がるのではないかと考える。

謝辞 本研究の一部は公益財団法人電気通信普及財団、および JSPS 科研費（課題番号 15K00485）の支援によるものです。

参考文献

- [1] Caldwell, Jane E.: *Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips*. CBE-Life Sciences Education 6.1 (2007): 9-20.
- [2] Andrew Cross, Edward Cutrell, and William Thies: *Low-cost audience polling using computer vision* Proceedings of the 25th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '12, pp. 4554, New York, NY, USA, 2012. ACM
- [3] Motoki Miura, Toyohisa Nakada: *Device-Free Personal Response System based on Fiducial Markers* Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE2012), Takamatsu, Kagawa, pp. 87-91, March 2012.
- [4] Uchiyama Hideaki, and Hideo Saito: *Random dot markers* Virtual Reality Conference (VR), 2011 IEEE. IEEE, 2011.